

## FUEL CELL SYSTEM INCLUDING COOLING AND HUMIDIFYING MEANS

**Patent number:** CH492311  
**Publication date:** 1970-06-15  
**Inventor:** ROBERT ANTHONY SANDERSON (US)  
**Applicant:** UNITED AIRCRAFT CORP (US)  
**Classification:**  
- international: *H01M8/04; H01M8/06; H01M8/04; H01M8/06*; (IPC1-7):  
H01M27/12  
- european: H01M8/04B4; H01M8/04C2E2; H01M8/06C  
**Application number:** CH19680001815 19680206  
**Priority number(s):** US19670616369 19670215

### Also published as:

 US3507702 (A1)  
 GB1200022 (A)  
 FR1583419 (A)  
 DE1671963 (A1)  
 SE354945 (B)

[Report a data error here](#)

Abstract not available for CH492311

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide





SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT

EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Internationale Klassifikation: H 01 m 27/12

Gesuchsnummer: 1815/68  
 Anmeldungsdatum: 6. Februar 1968, 22 Uhr  
 Priorität: USA, 15. Februar 1967 (616 369)  
 Patent erteilt: 15. Juni 1970  
 Patentschrift veröffentlicht: 31. Juli 1970

C

## HAUPTPATENT

United Aircraft Corporation, East Hartford (Conn., USA)

## Brennstoffzellenbatterie

Robert Anthony Sanderson, Thompsonville (Conn., USA), ist als Erfinder genannt worden

1

Die Erfindung betrifft eine Brennstoffzellenbatterie mit einer Vielzahl durch eine Flüssigkeit kühlbare, einen Elektrolyten zwischen einer oxydierenden Elektrode und einer reduzierenden Elektrode enthaltende Brennstoffzellen, deren Elektroden mit Wärmeaustauschelementen in Wärmeaustauschbeziehung stehen, wobei an die reduzierenden Elektroden Brennstoffkammern und an die oxydierenden Elektroden Oxydationsmittelkammern angrenzen und zwischen den Zellen je ein Kühlmittel-durchlass angeordnet ist.

In einer Brennstoffzelle wird eine elektromotorische Kraft erzeugt, indem ein Oxydationsmittel und ein Brennstoff mit zwei entsprechenden Elektroden und einem Elektrolyten in Berührung gebracht wird. Der Brennstoff, z. B. gasförmiger Wasserstoff, wird bei einer Elektrode eingeführt, an welcher derselbe mit dem Elektrolyten elektrochemisch reagiert und auf die Brennstoffelektrode Elektronen überträgt. Gleichzeitig wird das Oxydationsmittel, z. B. Luft, bei der zweiten Elektrode eingeführt, an welcher dieselbe mit dem Elektrolyten elektrochemisch reagiert, und an der Elektrode Elektronen verbraucht. Die Verbindung der beiden Elektroden durch einen äusseren Stromkreis bewirkt, dass ein elektrischer Strom in dem Stromkreis fliesst und der Zelle elektrische Energie entnommen wird. Die Gesamtreaktion der Brennstoffzelle erzeugt elektrische Energie, welche der Summe der frei werdenden Energien der Reaktionen an den Elektroden der Zelle entspricht. Es entsteht ein Nebenprodukt der Reaktion, sowie etwas Wärme.

Es wurden Brennstoffzellenbatterien vorgeschlagen, in welchen zahlreiche einzelne Brennstoffzellen miteinander verbunden sind, so dass eine Batterie entsteht, die elektrische Energie bei verschiedenen Spannungen und Stromstärken liefern kann. Um praktisch verwendbar

2

zu sein, muss die Batterie jedoch zumindest für manche Erfordernisse kompakt und aus leichten Materialien hergestellt sein. Ausserdem ist es wünschenswert, Luft als Oxydationsmittel an Stelle von reinem Sauerstoff zu verwenden, und zwar sowohl von wirtschaftlichem Standpunkt aus, als auch um die Zusatzeinrichtung für die Zuführung des Sauerstoffs zu ersparen. Schliesslich muss eine Zelle in verhältnismässig extremen Temperaturbereichen und bei jeder relativen Luftfeuchtigkeit betrieben werden können.

Die Verwendung von Luft und die Notwendigkeit des Betriebes in weiten Temperatur- und relativen Feuchtigkeitsbereichen machen grosse Schwierigkeiten. Wenn z. B. ein aus wässrigem Alkali oder einem anderen Carbonat gebildeter Elektrolyt verwendet wird, muss das Kohlendioxyd aus der zugeführten Luft entfernt werden, um das Verschmutzen des Elektrolyten und der Brennstoffzelle zu verhindern. In kalten, trockenen Gebieten oder in heissen, feuchten Gebieten kann die richtige Feuchtigkeit und Betriebstemperatur der Zelle wegen unterschiedlichen Temperatur- und Feuchtigkeitseigenschaft der zugeführten Luft nicht aufrechterhalten werden. In kalten, trockenen Gebieten entzieht beispielsweise die Umgebungsluft dem Elektrolyten Wasser. In Brennstoffzellen, die einen eingeschlossenen Elektrolyten verwenden, d. h. in welchen der Elektrolyt in einer Matrice zurückgehalten wird, kann das Austrocknen der Matrice einen Leistungsabfall verursachen, der auf eine Verschiebung der Berührungsfläche zwischen Elektrolyt und Gas innerhalb der Elektroden oder auf eine Beschädigung infolge übermässigen Erhitzung zurückzuführen ist. Überdies verringert der Wasserentzug aus dem Elektrolyten den Wirkungsgrad der Brennstoffzelle, dadurch dass die elektrolytische Leitfähigkeit des Elektrolyten vermindert und die Neigung zum

Gasüberschlag in der Zelle erhöht wird. Wenn die relative Feuchtigkeit hoch ist, nimmt die Feuchtigkeit der Zelle zu und kann ein Überfluten der Elektrode bewirken.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist daher eine Brennstoffzellenbatterie zu schaffen, die mit einem Brennstoff und Luft bei Umgebungstemperaturen von  $-42,8^{\circ}\text{C}$  bis  $51,5^{\circ}\text{C}$  und relativen Luftfeuchtigkeiten von 0—100 % betrieben werden kann, ohne dass die oben genannten Nachteile auftreten.

Die Erfindung ist gekennzeichnet durch eine ein Wärmeaustauschmedium in Wärmeaustauschberührung mit den Wärmeaustauschelementen in Umlauf setzende, die nutzbare Wärme aus den Zellen abziehende Kühlschleife, eine Zufuhrvorrichtung für die Zufuhr von als Oxydationsmittel dienender Luft mit einer die Luft temperatur- und feuchtemässig konditionierenden Sättigungsvorrichtung, die eine in Wärmeaustauschberührung mit dem umlaufenden Wärmeaustauschmedium stehende Feuchtigkeitsquelle aufweist, und eine Druckerzeugungsvorrichtung um die Luft von bestimmter Temperatur und bestimmter relativer Feuchtigkeit mit von der Leistung der Batterie abhängiger Strömungsgeschwindigkeit durch die Oxydationsmittelkammern und über die oxydierenden Elektroden zu leiten und dadurch eine gleichmässige Verdampfungsgeschwindigkeit des, als Nebenprodukt auf der Oberfläche der Elektroden gebildeten Wassers und eine gleichmässige Abführung dieses Wassers aus den Brennstoffzellen zu gewährleisten, und eine Regelvorrichtung zum Regeln der Menge des den reduzierenden Elektroden zugeführten Wasserstoffgases.

Zur beispielsweise Beschreibung der Erfindung wird auf die beigelegten Zeichnungen Bezug genommen, in welchen gleiche Teile mit den gleichen Bezugsziffern bezeichnet sind.

Fig. 1 zeigt schematisch ein Strömungsdiagramm einer Brennstoffzellenbatterie mit einer Regelanlage,

Fig. 2 einen teilweisen Längsschnitt einer Brennstoffzellenbatterie.

Fig. 3 einen Längsschnitt eines Luftvolumen-Steuer-ventils,

Fig. 4 einen Längsschnitt einer Luftsättigungsvorrichtung

Fig. 5 einen Querschnitt der Sättigungsvorrichtung nach der Linie 5—5 der Fig. 4,

Fig. 6 einen Längsschnitt eines Kohlendioxydwäschers.

In Fig. 2 ist ein Teil der aus 12 Zellen gebildeten Brennstoffzellenbatterie 29 dargestellt. Jede Zelle weist eine Kathode 1, eine Anode 2 und einen aus einer wässrigen Alkalilösung bestehenden Elektrolyten auf, der in einer entsprechenden Matrice 3 enthalten ist. Jede Elektrode besteht aus einem Metalltragschirm oder -netz, das in inniger Berührung mit einer Katalysatorschicht steht, welche vorzugsweise aus einer Mischung eines Katalysators und eines hydrophoben Polymerbindemittels besteht. Jede Elektrode wird gegen die Matrice angedrückt. Jede Zelle ist von der nächsten Zelle durch eine Kühlungsplatte 4 getrennt, wobei zwei solche Platten einen Kühlmitteldurchlass 5 bilden. Die mit Vertiefungen versehene Kühlungsplatte wird in der Nähe jeder Vertiefung gegen die Elektrode angedrückt

und dient daher als ein wirksamer Stromsammeler. Sie bildet ausserdem ein Mittel zum Leiten von Wärme parallel zu den Reaktionsgasdurchlässen. Die eine Kühlungsplatte und die Anode 2 bilden angrenzend an die Anode jeder Zelle einen Wasserstoffdurchlass 6. Die andere Kühlungsplatte und die Kathode 1 bilden angrenzend an die Kathode jeder Zelle einen Luftdurchlass 7. Abstandsstücke und Dichtungsringe 8 trennen und isolieren die verschiedenen Teile voneinander. Die ganze Batterie wird durch Muttern und Bolzen 9 zusammengehalten, welche durch die Abstandsstücke und den Zellenrahmen hindurchgehen.

Bei der dargestellten Ausführungsform besteht der Tragschirm der Elektroden aus einem feinen Nickelnetz, das pro  $\text{cm}^2$  der Elektrodenfläche 10 mg Katalysator aufweist. Jede Elektrode hat eine Fläche von  $29\text{ cm}^2$ . Der Katalysator besteht aus 10 Teilen Platinschwarz und 3 Teilen fein verteiltem Polytetrafluoräthylen. Der Katalysator und das Bindemittel werden innig gemischt, um eine Paste zu bilden, welche dann auf den Nickeltragschirm aufgewalzt und in denselben eingewalzt wird. Die Elektrode wird sodann erhitzt, um die Polymerteilchen aneinander und an den Metalltragrahmen zu binden. Die gesamte Zelle, welche die Elektrode, die den Elektrolyten enthaltende Matrice, Reaktionsgasdurchlässe und Kühlmitteldurchlässe umfasst, weist eine Teilung von 0,33 cm oder ungefähr 2,8 Zellen pro cm auf. Die Zellen werden vorher zusammengesetzt, wobei die Kühlungsplatte, die Elektroden und die Elektrolytmatrice einen Teil bilden, bevor die ganze Batterie zusammengesetzt wird.

Um die gewünschte Spannung und Leistung zu erreichen kann eine Vielzahl von Zellen, beispielsweise mehr oder weniger als 12 in Reihe miteinander verbunden. Vorzugsweise befinden sich alle Verteilerleitungen und elektrischen Verbindungen innerhalb des Stapels. Um die richtige abgegebene Leistung zu erreichen, können erforderlichenfalls mehrere Stapel in Reihe oder parallel miteinander verbunden werden.

Das Energieversorgungssystem in dem die Batterie eingebaut ist wird angefahren, indem den Zellen Umgebungsluft und Wasserstoff zugeführt wird. Ein Druckregler 10 liefert den Zellen auf Verlangen die richtige Menge und den Druck des Wasserstoffes.

Das zugeführte Wasserstoff kann aus einem Druckbehälter oder direkt aus einem Umwandler kommen, in welchem ein wasserstoffhaltiges Material, wie z. B. Kohlenwasserstoff oder Ammoniak, zerlegt wird, um Wasserstoff und Nebenprodukte zu bilden. Bei reinem Wasserstoff kann der Gasdurchlass ein blindes Ende innerhalb der Zelle aufweisen. Bei unreinem Wasserstoff werden die Verunreinigungen aus der Batterie durch Entlüftungsöffnungen abgeführt.

Die Umgebungsluft tritt am Filter 20 in das System ein und strömt zur Kompressorpumpe 21, die von einem Gleichstrommotor angetrieben wird. Ein Kompressor mit einem verschiebbaren Flügel wird bevorzugt, da nur eine geringe Strömungsgeschwindigkeit und ein mässiges Ansteigen der Saugwirkung erforderlich sind. Die Kompressorpumpe führt Luft mit einer konstanten Geschwindigkeit zu. Es wird ein Bodenventil 22 für die Verfahrensluft verwendet. Die Aufgabe des Bodenventils besteht darin, die Luftströmung durch das System einzustellen, wenn die Belastung der Brennstoffzelle verändert wird. Ein Ventil, das für diese Anwendung als besonders geeignet gefunden wurde, ist genauer in Fig. 3 dargestellt.

Das in Figur 3 dargestellte Ventil besteht aus einem Gehäuse 30 mit einem Lufteinlass 31. Eine Vielzahl von Lufteinlass entfernten Auslass- oder Entlüftungsöffnung 32 setzen das Innere des Gehäuses mit der Aussenluft in Verbindung. Eine Trennwand 33 mit einem profilierten Ventilsitz 34 ist im inneren Hohlraum des Gehäuses zwischen dem Lufteinlass 31 und den Entlüftungsöffnungen 32 angeordnet, um das Gehäuse in zwei Kammern von verschiedener Grösse zu teilen. Die sich ergebende kleinere Kammer steht über die Entlüftungsöffnungen 32 mit der Aussenluft in Verbindung. Innerhalb des Gehäuses ist ein profiliertes Ventilorgan 35 mit einem länglichen Kolben 36 angeordnet und wird durch eine Zugfeder 37 in der Offenstellung gehalten. Die Feder ermöglicht die elastische Bewegung des profilierten Ventilorgans aus der Offenstellung in die Schliessstellung oder in Dichtungseingriff mit dem Ventilsitz 34, wenn die umschliessende Solenoidwicklung 38 proportional zu einer zunehmenden Belastung des Zellenstapels erregt wird. Wenn die Belastung des Zellenstapels ein Minimum beträgt, wird das Ventilorgan durch die Feder 37 in der vollständig geöffneten Stellung gehalten und der grössere Teil der von der Kompressorpumpe erzeugten Druckluft kann in die Aussenluft entweichen. Wenn die Belastung des Stapels zunimmt, wird die Solenoidwicklung 38 mit zunehmender Stärke erregt und bewegt das profilierte Ventilorgan 35 entsprechend der zunehmenden Erregung in die Schliessstellung.

Die Luftströmung gelangt zum Luftsättiger 23, in welchem die Feuchtigkeit der Luft eingestellt wird. Der Sättiger bildet daher eine wirksame Einrichtung zur Wassergleichgewichtssteuerung der Brennstoffzelle im Bereich der erwarteten Temperatur und Feuchtigkeit der Umgebung. Ein Dochtsättiger von der für die vorliegende Anwendung besonders wünschenswert befundenen Art ist in den Figuren 4 und 5 dargestellt. Diese Art des Sättigers hat ein geringes Gewicht und gewährt der Luft freien Durchgang auch unter Kaltstartbedingungen, wenn das Wasser im Sättiger gefroren sein kann. Die die Kompressorpumpe verlassende Luft tritt daher am Einlass 41 in den Sättiger ein und strömt durch eine Anzahl von parallelen Durchlässen 42, die von Aluminiumplatten 43 begrenzt sind, welche mit einem (nicht dargestellten) absorbierenden Dochtmaterial überzogen sind. Das Wasser wird von dem Dochtmaterial in die Luftströmung verdampft. Die latente Verdampfungswärme wird erzeugt, indem das aus Glykol bestehende Kühlmittel in einer Anzahl von Kanälen innerhalb der Aluminiumplatten 43 in Umlauf gesetzt wird. Das Wasser absorbierende oder Dochtmaterial, das mit den Aussenwänden der Aluminiumplatten verbunden ist, erstreckt sich in einen Wasserbehälter 46 am Boden der Einheit. Eine Dichtung 47 bedeckt den Wasserbehälter, um zu gewährleisten, dass alle Döchte eine hinreichende Wasserzuführung erhalten, wenn der Sättiger während eines längeren Zeitraumes aus seiner Normalstellung verschwenkt wird. Die Luft und das aus Glykol bestehende Kühlmittel werden im Sättiger im Gegenstrom geführt, um die höchst mögliche Verdampfungsgeschwindigkeit zu erzielen. Ein Umgehungsventil 24 für das Kühlmittel ist vorgesehen, um die dem Sättiger zugeführte Wärmemenge zu verringern, wenn die in den Sättiger eintretende Luft etwas Feuchtigkeit enthält. Das Umgehungsventil tastet die Temperatur der den Sättiger verlassenden Luft ab und stellt die Umgehungsströmung proportional zum Ansteigen der Lufttemperatur ein. Als Teil des Sättigers ist ein Wasserspeicherbehälter 48 mit

einem Einlass 49 vorgesehen, um die maximal mögliche Menge des Wassers des Sättigers zu speichern, die während einer bestimmten Betriebsperiode erforderlich sein kann. Das Wasser des Sättigers kann zur gleichen Zeit nachgefüllt werden, in welcher der Brennstoff dem Wasserstoffgenerator zugeführt wird. Der Sättiger lässt Luft in der oben angegebenen Weise bei Kaltstarts hindurchgehen und die Wärme des Kühlmittels hält die richtige Sättigungstemperatur aufrecht, um das Wasser am Gefrieren zu hindern, wenn die Umgebungstemperatur unter 0 °C liegt.

Wenn Luft mit der richtigen Feuchtigkeit den Luftsättiger verlässt, strömt dieselbe in den Kohlendioxydwäscher 25. Dieser ist in das System eingeschlossen, um zu verhindern, dass Spuren von Kohlendioxyd in der Luftströmung in den Brennstoffzellenstapel eintreten. Wenn ein von einem Carbonat gebildeter Elektrolyt verwendet wird, wird Kohlendioxyd in der Luftströmung den Elektrolyten verunreinigen und die Wirksamkeit des ganzen Betriebes des Systems verringern. Wie Fig. 6 zeigt, strömt die durch den Einlass 61 in den Wäscher eintretende Luft durch ein mittleres Rohr 62 nach unten und dann durch ein Natronkalkbett 63 nach oben. Die gewaschene Luft tritt dann aus dem oberen Ende des Wäschers aus und strömt in die Zelle. Die Körner des Natronkalks im Wäscher verändern infolge des Vorhandenseins eines entsprechenden Anzeigers ihre Farbe von weiss in blau, wenn sie Kohlendioxyd absorbieren. Die Farbenveränderung wird auf der Vorderseite des Wäschers beobachtet, der ein Gehäuse aus «Plexiglas» aufweist, um den Zustand des Wäschers während des Betriebes betrachten zu können. Der Wäscher ist so ausgebildet, dass der Natronkalk ersetzt werden kann, indem der untere Teil 64 des Wäschegehäuses abgenommen wird. Auf diese Weise kann der Wäscher leicht instand gehalten werden, ohne dass die Rohrleitung der Anlage davon berührt wird.

Nachdem die Luft den Kohlendioxydwäscher verlassen hat, gelangt dieselbe in die Brennstoffzellengruppe 29 und wird durch einen (nicht dargestellten) Verteiler den einzelnen Brennstoffzellen zugeführt. Die Luft, welche in die Luftdurchlässe 7 eintritt, wird infolge der Einstellung der Feuchtigkeit der Umgebung im Sättiger die gewünschte Wassermenge durch die gasdurchlässige Kathode der Zelle sammeln, um den Wasserspiegel im Elektrolyten der Zelle konstant zu halten. Dadurch werden Probleme beseitigt, die in Brennstoffzellen auftreten, welche kompakte leichte Elektroden und Elektrolytmatrizen verwenden, und die durch örtliches Austrocknen oder Überfluten der Elektroden oder Matrizen verursacht werden.

Wie bereits erwähnt, ist die Kühlung der Batterie von der Aufgabe der Abführung des Wassers getrennt. Die Brennstoffzellen werden gekühlt, indem ein Kühlmittel, wie z. B. eine 60 %ige wässrige Lösung von Äthylenglykol oder einem anderen dielektrischen Kühlmittel, durch die Zellen fliesst. Der Äthylenglykol, der in der vorstehend angegebenen Weise die nutzbare Wärme der Brennstoffzellen sammelt, wird verwendet, um den Luftsättiger auf der richtigen Temperatur zu halten. Genauer gesagt, das Kühlmittel wird von der Motorpumpe 27 durch eine elektrische Heizeinrichtung 28 in die Brennstoffzellen gepumpt. Die in Fig. 1 gezeigte elektrische Heizeinrichtung 28 wird nur verwendet, um das Kühlmittel zu erwärmen, insbesondere wenn der Start bei äusserst niedriger Umgebungstemperatur erfolgt. Das Kühlmittel strömt durch die Kühlmitteldurch-

lasse 5 der Brennstoffzellen. Die von den Zellen erzeugte nutzbare Abwärme wird von der Zellenoberfläche gleichmässig abgeführt, wodurch heisse Stellen vermieden werden und die Abführung der Wärme aus den Brennstoffzellen bei der höchst möglichen Temperatur erfolgt. Das ergibt eine wirksame Einrichtung für die Wärmeabführung und setzt die Grösse des Radiators auf ein Mindestmass herab. Nachdem das Kühlmittel die Brennstoffzellengruppe verlassen hat, wird dasselbe in den Druckluftradiator 70 zurückgeführt. Wie bereits erwähnt, strömt das Kühlmittel auf dem Weg zum Radiator durch den Luftsättiger 23, um denselben auf der richtigen Temperatur zur Regelung der Feuchtigkeit zu halten. Das Umgehungsventil 24 ist mit einer Abtasteinrichtung 80 versehen, welche die Kühlmittelströmung durch den Sättiger 23 einstellt, um eine zufriedenstellende Temperatur der in den Kohlendioxidwäscher eintretenden Luft zu erhalten. Nach dem Verlassen des Sättigers strömt das Kühlmittel zum Radiator 70. Die Temperatur des Kühlmittels wird aufrechterhalten, indem dasselbe durch den Druckluftradiator geleitet wird. Das zum Radiator führende Umgehungsventil 71 ist mit einer Abtasteinrichtung 72 versehen. Falls das Kühlmittel die richtige Temperatur aufweist, ohne durch den Radiator hindurchzugehen, wird das Kühlmittel um den Radiator herum geleitet. Ein Zwischen- oder Ausgleichsbehälter 82 für das Kühlmittel ist vorgesehen, um durch die Temperaturverursachte Volumenänderungen des Kühlmittels zu ermöglichen.

Wie bereits erwähnt, verwendet die kompakte Zelle der vorliegenden Batterie vorzugsweise leichte Elektroden, die sich mit einem in einer Matrice zurückgehaltenen Elektrolyten in Berührung befinden. Es ist jedoch offenbar, dass die beschriebene Batterie auch Vorteile aufweist, wenn sie mit anderen Arten von Elektroden verwendet wird. Andere Elektroden, die verwendet werden können, umfassen die nicht porösen Palladium-/Silberlegierungselektroden, wie sie in der amerikanischen Patentschrift 3 092 517 beschrieben sind. Entsprechende Matrizen zum Zurückhalten des Elektrolyten sind hydrophile Materialien, einschliesslich Asbest, Keramik, Kunststoff und andere. Der Elektrolyt kann eine wässrige Lösung eines Alkalihydroxyds oder eine wässrige starke Säure sein, wie z. B. Phosphor- oder Schwefelsäure. Bei Verwendung eines frei fliessenden Elektrolyten können die gleichen Lösungen benutzt werden. Wenn in der Zelle leichte Elektroden verwendet werden, ist jedoch vorzugsweise eine gasdurchlässige hydrophobe Membran auf der Gasseite des Elektrolyten wünschenswert, um das Entwässern beim Überfluten zu verhindern. Dadurch kann die Reaktionszwischenfläche von Elektrode, Elektrolyt und Reaktionsgas viel leichter geregelt werden.

Die nicht porösen Kühlungsplatten oder Wärmeaustauschelemente, welche die Kühlmitteldurchlässe der Zellen begrenzen, können aus irgendeinem entsprechenden Material bestehen, das gute Wärmeaustauscheigenschaften aufweist. Solche Materialien umfassen Nickel, Kupfer, Tantal, Eisen, Magnesium und Legierungen derselben. Vorzugsweise haben die Kühlungsplatten oder Wärmeaustauschelemente einen grossen Oberflächenbereich, damit der Wärmeaustausch so wirksam als möglich ist. Aus diesem Grund ist eine gewellte, mit Vertiefungen versehene oder geätzte Platte wünschenswert. Da sich die Kühlungsplatte vorzugsweise an verschiedenen Stellen mit der Elektrodenoberfläche in

Berührung befindet, wird die Platte auch zum Abführen des erzeugten elektrischen Stromes dienen.

Obwohl in der vorstehenden Beschreibung nur eine Ausführungsform des Wärmeaustauschers, Luftsättigers, Kohlendioxidwäschers, Bodenventils und dergleichen beschrieben worden ist, können selbstverständlich auch Einrichtungen von anderer Konstruktion verwendet werden, solange sie die erforderliche Aufgabe erfüllen. Solche Abänderungen sind für den Fachmann leicht erkennbar.

Eine typische Anlage der vorstehend beschriebenen Art ist die folgende:

#### Gruppe

15	Abgegebene Nettoleistung in W	500
	Abgegebene Bruttoleistung in W	600
	Spannung in V	28,8
	Stromstärke in Ampère	20,8

#### Brennstoffzelle

20	Zellenspannung in V	0,8
	Stromdichte in Amp/cm <sup>2</sup>	0,1677
	Konzentration des Elektrolyten in Gew.-%	30
	Grösse der aktiven Elektrode in cm <sup>2</sup>	11,4
25	Maximum der Betriebstemperatur	71°
	Sauerstoffverbrauch (g O <sub>2</sub> verbraucht/g O <sub>2</sub> in der Einlassluft)	0,4
	Betriebswirkungsgrad	
	Nettoleistung/Brennstoffverbrauch x K *)	54,0
30	Anzahl der in Reihe geschalteten Zellengruppen	36
	Anzahl der Zellen pro Gruppe	12
	Gesamtgewicht der Gruppe mit 3—12 Zellen	9,53 kg
35	Abmessungen der Gruppe:	
	Länge	13,2 cm
	Breite	15,24 cm
	Höhe	15,24 cm

40 \* K = reduzierte Verbrennungskonstante des Wasserstoffs (Nettoheizwert)

#### PATENTANSPRUCH

45 Brennstoffzellenbatterie mit einer Vielzahl durch eine Flüssigkeit kühlbare, einen Elektrolyten zwischen einer oxydierenden Elektrode und einer reduzierenden Elektrode enthaltende Brennstoffzellen, deren Elektroden mit Wärmeaustauschelementen in Wärmeaustauschbeziehung stehen, wobei an die reduzierenden Elektroden Brennstoffkammern und an die oxydierenden Elektroden Oxydationsmittelkammern angrenzen und zwischen den Zellen je ein Kühlmitteldurchlass angeordnet ist, gekennzeichnet durch eine ein Wärmeaustauschmedium in Wärmeaustauschberührung mit den Wärmeaustauschelementen in Umlauf setzende, die nutzbare Wärme aus den Zellen abziehende Kühlschleife, eine Zufuhrvorrichtung für die Zufuhr von als Oxydationsmittel dienender Luft mit einer die Luft temperatur- und feuchtemässig konditionierenden Sättigungsvorrichtung, die eine in Wärmeaustauschberührung mit dem umlaufenden Wärmeaustauschmedium stehende Feuchtigkeitsquelle aufweist, und eine Druckerzeugungsvorrichtung um die Luft von bestimmter Temperatur und bestimmter relativer Feuchtigkeit mit von der Leistung der Batterie abhängiger Strömungsgeschwindigkeit durch die Oxydationsmittelkammern und über die oxydierenden



Elektroden zu leiten und dadurch eine gleichmässige Verdampfungsgeschwindigkeit des, als Nebenprodukt auf der Oberfläche der Elektroden gebildeten Wassers und eine gleichmässige Abführung dieses Wassers aus den Brennstoffzellen zu gewährleisten, und eine Regelanlage zum Regeln der Menge des den reduzierenden Elektroden zugeführten Wasserstoffgases.

## UNTERANSPRÜCHE

1. Brennstoffzellenbatterie nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlschleife einen Behälter (82) für das Wärmeaustauschmedium, eine Pumpe (27), die Kühlmitteldurchlässe (5) in den Brennstoffzellen, eine erste Umgehungssteuereinrichtung (24, 80) hinter den Brennstoffzellen an der Sättigungsvorrichtung, einen nachfolgend angeordneten, mit der Aussenluft in Verbindung stehenden Wärmeaustauscher (70) und eine zweite am Wärmeaustauscher (70) die Temperatur des Wärmeaustauschmediums am Einlass zum Brennstoffzellengruppe regelnde Umgehungssteuereinrichtung (71, 72) umfasst.

2. Brennstoffzellenbatterie nach Unteranspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Umgehungssteuereinrichtung (24, 80) ein Umgehungsventil (24) enthält.

3. Brennstoffzellenbatterie nach Unteranspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Umgehungssteuereinrichtung (71, 72) eine Umgehung des Wärmeaustauschers (70) bildende Leitung, einen die Temperatur des Wärmeaustauschmediums am Eingang zu den Brennstoffzellen abtastenden Wärmefühler (72) und ein vom Wärmefühler gesteuertes, den Fluss des Wärmeaustauschmediums regelndes Umgehungssteuer-ventil (71) enthält.

4. Brennstoffzellenbatterie nach Patentanspruch und Unteransprüchen 1—3, dadurch gekennzeichnet, dass in der Kühlschleife eine elektrische Heizeinrichtung (28) angeordnet ist.

5. Brennstoffzellenbatterie nach Patentanspruch und Unteransprüchen 1—4, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckerzeugungseinrichtung eine konstante Strömungsgeschwindigkeit der als Oxydationsmittel dienenden Luft erzeugende Druckeinrichtung (21), und ein Bodenventil (22) zur belastungsabhängigen Regelung der der Sättigungseinrichtung (23) zugeführten Luftmenge umfasst.

6. Brennstoffzellenbatterie nach Unteranspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckeinrichtung (21) aus einem luftansaugenden Kompressor und eine Pumpe besteht.

7. Brennstoffzellenbatterie nach Unteranspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Bodenventil (22) ein

Ventilgehäuse (30) aufweist, in welchem eine das Gehäuse in zwei Kammern teilende Ventilsitzeinrichtung (33, 34) angeordnet ist, wobei die eine Kammer mit dem Einlass (31) für die als Oxydationsmittel dienende Luft in Verbindung steht, und die andere Kammer über Entlüftungsöffnungen (32) mit der Aussenluft verbunden ist, dass im Gehäuse ein in Schliessstellung mit dem Ventilsitz (34) in Eingriff kommendes Ventilorgan (35) und eine das Ventilorgan bei Leerlauf der Brennstoffzellen ausser Eingriff mit dem Sitz (34) in die Offenstellung drückende Feder (37) sowie das Ventilorgan proportional zur zunehmenden Belastung der Brennstoffzellen aus der Offenstellung in die Schliessstellung verstellendes Solenoid (38) angeordnet sind.

8. Brennstoffzellenbatterie nach Unteranspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das eine Ende der Feder (37) auf das Ventilorgan (35) einwirkt und bei mit zunehmender Belastung der Brennstoffzellen zunehmender Erregung des Solenoids (38) eine nachgiebige Bewegung des Ventils in die Schliessstellung ermöglicht.

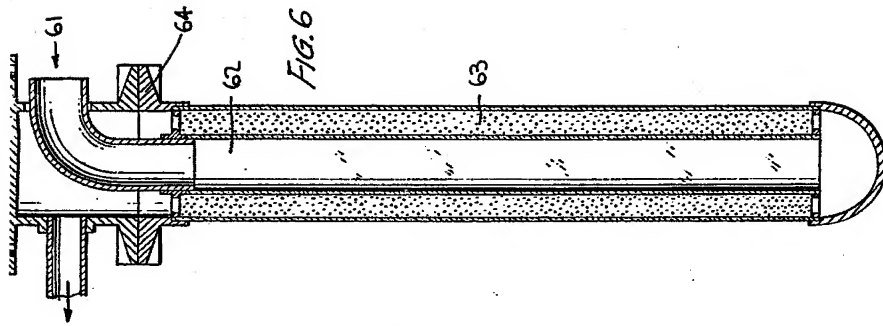
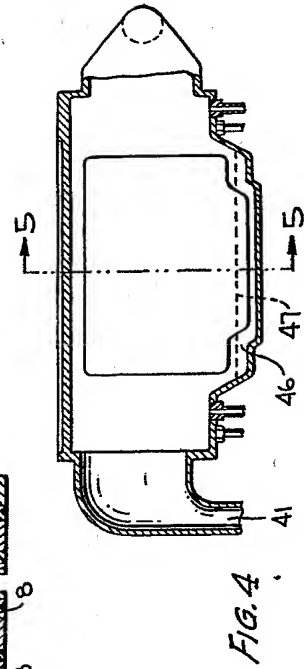
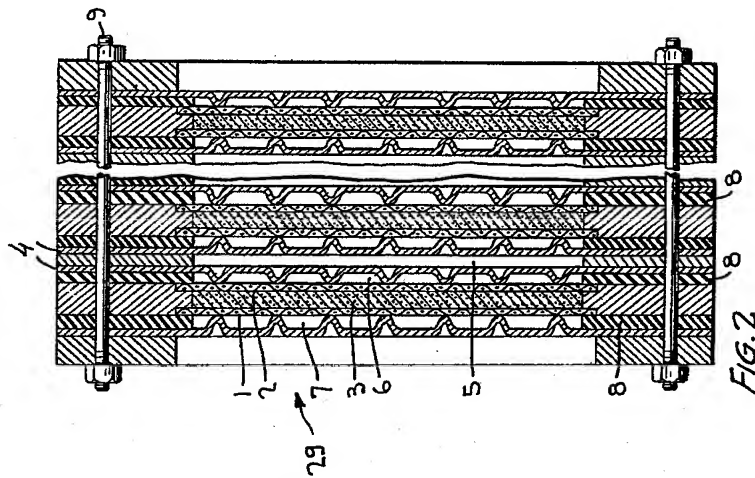
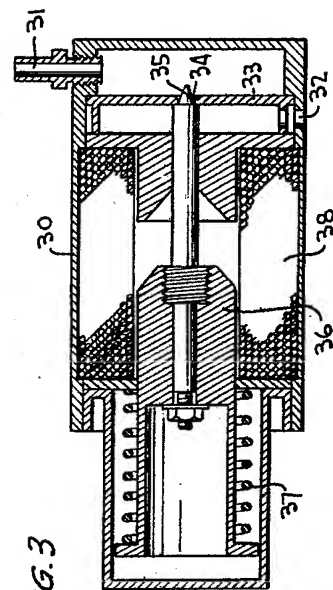
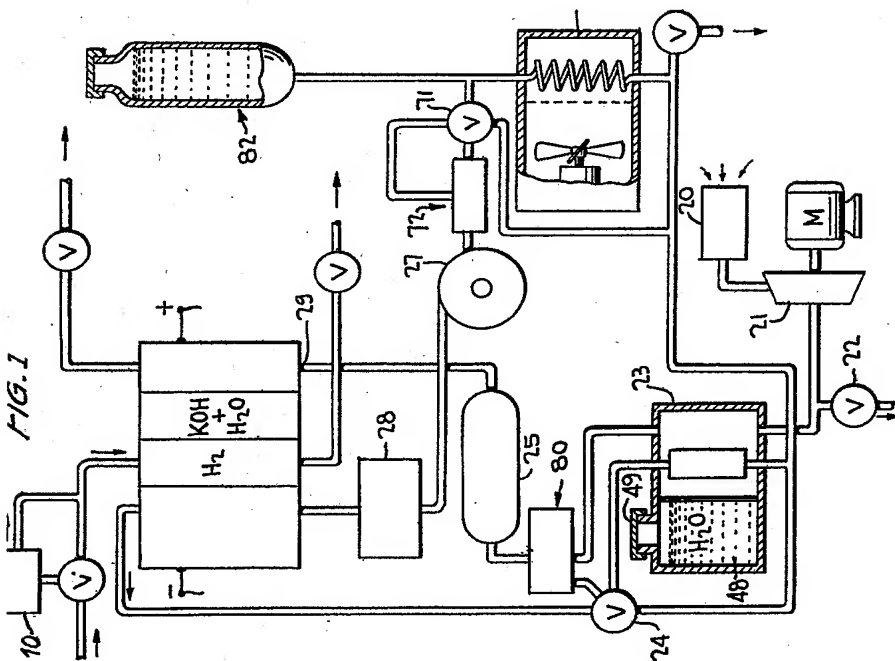
9. Brennstoffzellenbatterie nach Patentanspruch und Unteranspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftzufuhrvorrichtung einen zwischen die Sättigungsvorrichtung (23) und die Brennstoffzellen eingeschalteten Kohlendioxydwäscher (25) enthält.

10. Brennstoffzellenbatterie nach Patentanspruch und Unteransprüchen 1—9, dadurch gekennzeichnet, dass die Sättigungsvorrichtung (23) ein Gehäuse umfasst, welches mit einem Einlass und einem Auslass für das gasförmige Oxydationsmittel versehen ist, dass innerhalb des Gehäuses ein in Wärmeaustauschberührung mit dem Wärmeaustauschmedium stehendes Wärmeaustauschelement (43) und die Feuchtigkeitsquelle (46) in Wärmeaustauschberührung mit der als Oxydationsmittel dienenden Luft angeordnet sind, dass die erste Umgehungssteuereinrichtung (24, 80) an das Wärmeaustauschelement angeschlossen ist, dass ein die Temperatur der Luft am Auslass des Gehäuses abtastender Wärmefühler (80) und ein in Abhängigkeit vom Wärmefühler gesteuertes, die Strömung des Wärmeaustauschmediums durch das Wärmeaustauschelement und die Umgehungsleitung anteilig bemessendes Umgehungssteuer-ventil (24) in der ersten Umgehungssteuervorrichtung vorgesehen sind.

11. Brennstoffzellenbatterie nach Patentanspruch und Unteranspruch 1—10, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuervorrichtung für das Wasserstoffgas aus einem Druckbehälter und einer Regeleinrichtung besteht, sowie aus einer Leitung, welche das Wasserstoffgas aus dem Druckbehälter den Brennstoffkammern der Brennstoffzellen zuführt.

United Aircraft Corporation

Vertreter: Dr. W. Grimm, Zürich



**FIG. 6**

